



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ari Sevola

VAAKAVAUNUN SUUNNITTELU JA MALLINNUS

Tekniikka ja liikenne
2013

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ari Sevola
Opinnäytetyön nimi	Vaakavaunun suunnittelu ja mallinnus
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	29
Ohjaaja	Timo Karhunen

Opinnäytetyö tehtiin JPT-Industrialille. JPT-Industria toimittaa ja asentaa koneita sekä laitteita Suurusrehun tehtaalle. Työssä suunniteltu vaakavaunu tulee Suurusrehun tehtaaseen.

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja 3D- mallintaa vaakavaunu Suurusrehun kannarehutehtaaseen. Vaunu punnitsee ja siirtää jauhomaisia aineita tehtaassa. Vaunu toimii prototyyppinä kuudelle vaunulle, joissa on kolme variaatiota. Työssä ei esitellä variaatioita. Vaunu suunniteltiin ja vaunusta tehtiin 3D-mallit, joiden mukaan voidaan tehdä valmistuskuvat. Vaunun tuli olla helposti valmistettavissa ja huollettavissa, sekä oltava soveltuva tehtaaseen.

Työn tuloksena saatiin 3D-mallit, joiden mukaan vaunuista tehdään valmistuskuvat.

ABSTRACT

Author	Ari Sevola
Title	Design and Modeling of Scale Bin
Year	2013
Language	Finnish
Pages	29
Name of Supervisor	Timo Karhunen

This thesis was made for JPT- Industria. JPT-Industria supplies and assembles machines and devices for the Suurusrehu factory.

The purpose of this thesis was to design and model a scale bin for the Suurusrehu chicken feed factory. The bin weighs and transports powdery materials inside the factory. The bin is to be a prototype for six different bins. There are three different variations in bins, which, however, are not discussed in this thesis. The bin should be easy to manufacture, maintain and suitable for factory needs. The bin was designed and 3D models were made. The manufacturing drawings can be made from these models.

The result of this thesis is successful 3D models. The 3D models are basis for the manufacturing drawings.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	SUUNNITTELU JA MALLINNUS	8
2.1	Vaakavaunun kokonaisuus	8
2.2	Silta	9
2.2.1	Siltapalkit	10
2.2.2	Päätypalkit	11
2.3	Säiliö	12
2.4	Säiliön kansi	14
2.4.1	Ensimmäinen versio	14
2.4.2	Toinen versio	16
2.5	Vaunun runko	17
2.5.1	Ensimmäinen versio	17
2.5.2	Toinen versio	19
2.6	Pölysäleikkö	20
2.7	Sisävaaka	22
2.8	Sillan ja vaunun veto	23
2.8.1	Sillan veto	23
2.8.2	Vaunun veto	24
2.9	Tiivisterengas	25
2.10	Pyörät ja akselit	26
2.10.1	Vaunun pyörät	27
2.10.2	Sillan pyörät	28
3	YHTEENVETO	29

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Sillan 3D -kuva	s.9
Kuvio 2.	Lujuuslaskelma	s.9
Kuvio 3.	Sillan pääty	s.10
Kuvio 4.	Päätypalkki	s.11
Kuvio 5.	Säiliö	s.12
Kuvio 6.	Kannen ensimmäinen versio	s.14
Kuvio 7.	Tiivistekehys	s.15
Kuvio 8.	Kannen toinen versio	s.16
Kuvio 9.	Vaunun ensimmäinen versio	s.17
Kuvio 10.	Rungon hitsauskoonpano	s.18
Kuvio 11.	Rungon toinen versio	s.19
Kuvio 12.	Pölysäleikkö	s.20
Kuvio 13.	Sälekiinnitys	s.21
Kuvio 14.	Pölysäleikön mekanismi	s.22
Kuvio 15.	Sillan veto	s.23
Kuvio 16.	Vaunun veto	s.24
Kuvio 17.	Tiivisterengas	s.25
Kuvio 18.	Pyörän ensimmäinen versio	s.26

Kuvio 19. Vaunun pyörä s.27

Kuvio 20. Sillan pyörä s.28

1 JOHDANTO

Työ tehtiin Ilmajoella sijaitsevalle JPT- Industrialle. JPT- Industria on perustettu 2007. JPT- Industria on erikoistunut tehtaiden kone- ja laitetöihin ja tehtaiden kunnossapitoon. Kyseinen vaakavaunu tulee ilmajoella sijaitsevan Altian viereen rakenteilla olevaan Suurusrehun kananrehutehtaaseen.

Vaakavaunuja tehtaaseen tulee yhteensä 6 kappaletta. Tässä työssä suunniteltu vainu toimii mallina kaikille tehtaisiin tuleville vaunuille. Vaunu on suunniteltu siten, että muihin vaunuihin tarvitaan mahdollisimman vähän muutostöitä. Vaunuista 4 on samanlaisia ja 2 on matalampia, joista toiseen tulee sisävaaka jonka kapasiteetti on 150 kg. Silta liikkuu kaksi akselisesti 27 m x 12 m tai 6 m alueella. Rehutehtaassa liikkuva materiaali on pääsääntöisesti jauhomaista. Materiaali tulee vaakavaunuun, joko elevaattorilta tai siilosta sälesyöttimellä annosteltuna. Vaakavaunusta materiaali puretaan, joko toiseen siiloon tai rekkaan.

Mallina toimivan vaunun tulee täyttää seuraavat kriteerit: kapasiteetti tulee olla 3 tonnia, vaunu pitää pystyä tiputtamaan sillan välistä huoltotoimia ajatellen, vaunun tulee punnita 2-3000 kg välillä, vaunun tulee olla mahdollisimman pölytiivis, vaunun sillan maksimi taipuma saa olla 30 mm, vaunun tulee olla helposti huollettavissa kuluvien osien osalta, vaunu ulkoisilta mitoilta tulee mahtua annostelemaan siiloille ja ottamaan siiloista materiaalia.

Vaunussa oleva kaksoisvaakamekanismi vaatii tiettyjä toimenpiteitä. Isompi vaakalepää kolmen vaakanturin päällä, joiden kapasiteetti on yhteensä 3000 kg. Vaunun säiliönkansi tulee kiinni vaunun runkoon jolloin se ei häiritse vaakantureiden tarkkuutta. Säiliön ja kannen väliin tulee räättiliitos, joka estää vaarallisen pölyn leviämisen tehtaaseen. Pahimmillaan irrallinen pöly aiheuttaa räjähdyksen tehtaassa. Pienempikapasiteettinen sisävaaka tulee kiinni säiliön kanteen, joka on rungossa kiinni. Sisävaakan tulee olla tiivis, ettei jauhomainen aines vuoda. Sisävaaka tulee myös olla ohitettavissa, kun punnitaan sille sopimattomia isoja määriä.

- Salattu toimeksiantajan pyynnöstä. -

Työssä ei esitellä tarkempia lujuuslaskuja. Työssä ei esitellä kaikkia vaunuvariaatioita. Työssä ei käydä läpi Autodesk Inventorin käyttöä. Osa työstä on poistettu liikesalaisuuksien takia. Kohdat on merkitty "salattu" tai "salattu toimeksiantajan pyynnöstä".

Mallinnus tehtiin Autodeskin Inventor 2013:lla. Sillan lujuuslaskelmat tehtiin Autodesk Robot Structuralilla. Ohjelmien käyttöä ei käydä läpi.

2 SUUNNITTELU JA MALLINNUS

Seuraavassa käydään läpi suunnitellut kokonaisuudet. Mallinnus tapahtui Autodesk Inventor 2013:lla. Ohjelma oli suurimmaksi osaksi helppo käyttää.

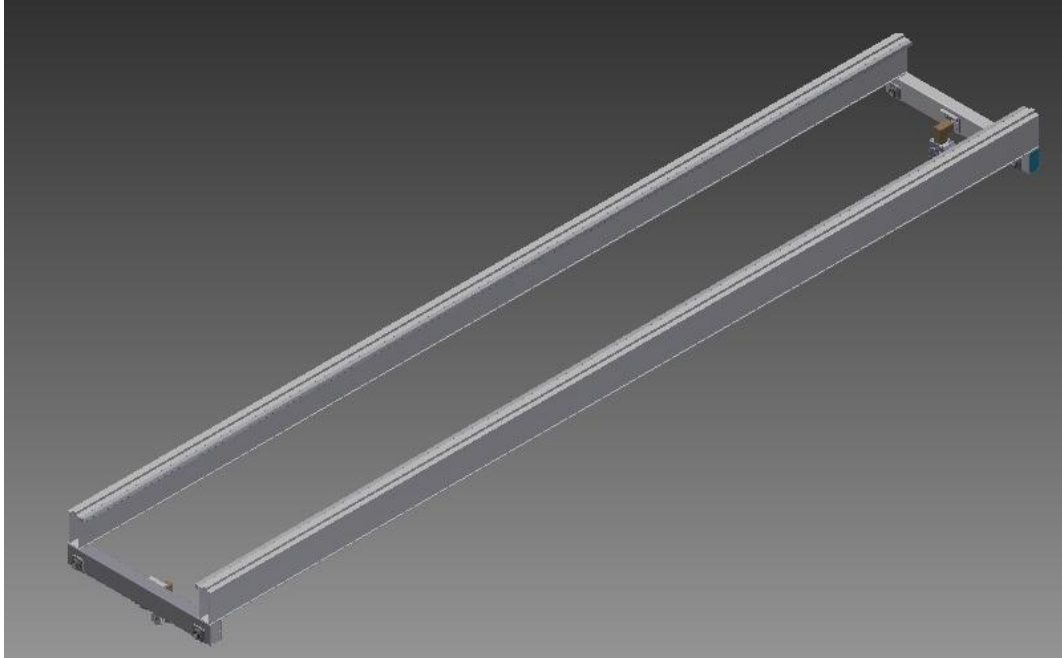
Mallinnus onnistui hyvin, mutta ei ongelmattomasti. Kokemattomuus mallinnuksessa paljastui suunnittelun loppuvaiheessa. Mallinnus vain mallinnuksen kannalta kostautui. Lähes valmista mallia jouduttiin muokkaamaan hieman järkevämpiin osakokoonpanoihin. Myös valmistuksen kannalta malleja jouduttiin muuttamaan. Inventorilla pystyy kätevästi luomaan esim. säiliön, mutta inventor ei osaa itse pilkkoa säiliötä valmistettaviin polttoleikkaus osiin, vaan jokainen valmistettava osa oli piirrettävä ja monistettava, joko peilaamalla tai kopioimalla.

2.1 Vaakavaunukokonaisuus.

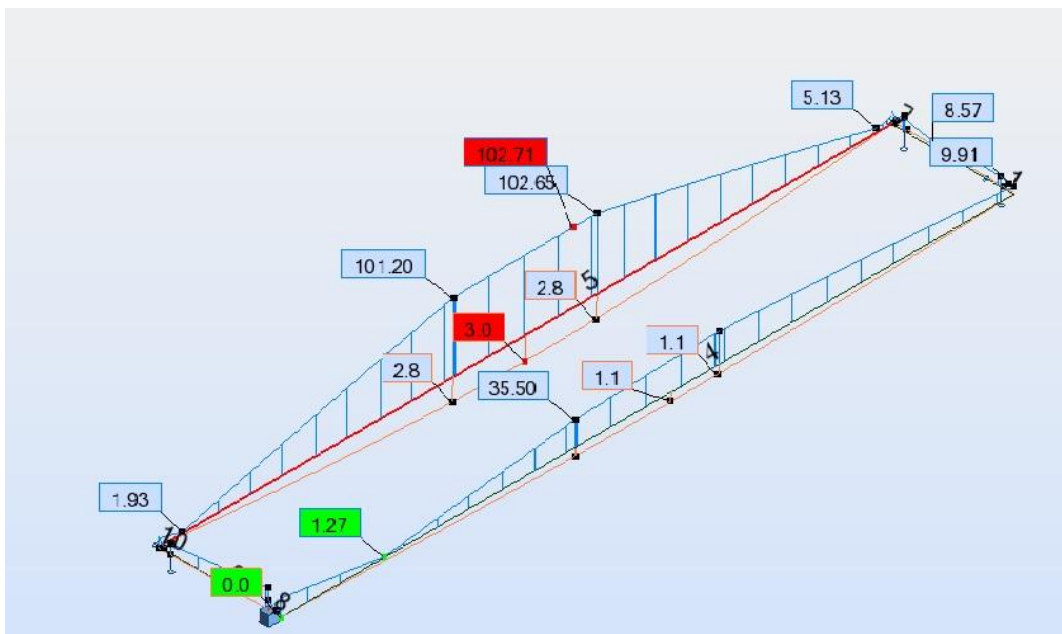
Vaakavaunu kokonaisuus liikkuu tehtaassa 12 x 27 metrin alueella. Vaakavaunun yläosasta syötetään sisään kuljetettava materiaali. Automaation avulla vaunu paikoittaa itsensä oikealle paikalle ja tyhjentää materiaalin siiloon.

Vaakavaunu on suunniteltu mahdollisimman pölytiiviksi. Ylimääräinen pöly kertyy ajanoloon vaakavaunuun aiheuttaen huoltotaukoja tehtaan toimintaan. Pöly on myös räjähdysherkkää. Pölyn eliminoiminen lisää toimintavarmuutta ja turvallisuutta.

2.2 Silta



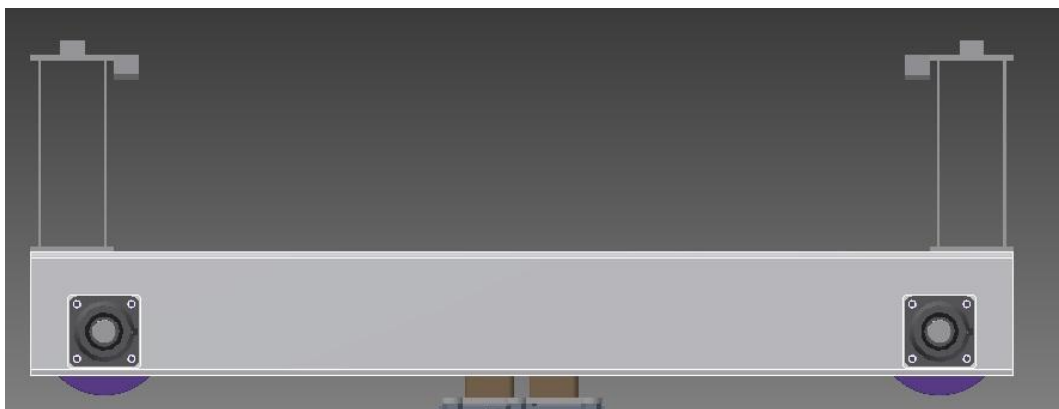
Kuvio 1. Sillan 3D -kuva.



Kuvio 2. Lujuuslaskenta

Sillan suunnittelun ehdot: jänneväli 12 metriä, taipuma maksimissaan 30 millia vaunun ja maksimikuorman kanssa, leveys maksimissaan 2000 mm (**Kuvio 1.**). Sillan pituus tarkentui myöhemmin 11,6 metriin. Vaunun ja kuorman yhteispaino on noin 4500 kg. Lisäksi otettiin huomioon kiihdytyksen aiheuttamat lisävoimat. Sillan lähtiessä liikkumaan, kiihdytyksen aiheuttama voima massaan tuo lisärasitetta siltaan. Lujuuslaskut tehtiin Autodeskin Robot Structuralilla (**Kuvio 2.**). Sillan leveys määräytyi sillojen purkuaukkojen perusteella. Silta- ja päätypalkkien suhteen päädyttiin hitsaukseen, koska pulttiliitos saattaa elää ja silta kieroutua. Hitsattu rakenne saattaa kieroutua nostettaessa. Isomman kokonsa vuoksi hitsattu rakenne on hankalampi viedä asennuspaikalle. Pulttiliitoksella kasattu silta olisi ollut helpompi viedä tehtaaseen. Hitsausliitokseen päädyttiin, koska se on vaunun toiminnan kannalta oleellisempaa.

2.2.1 Siltapalkit

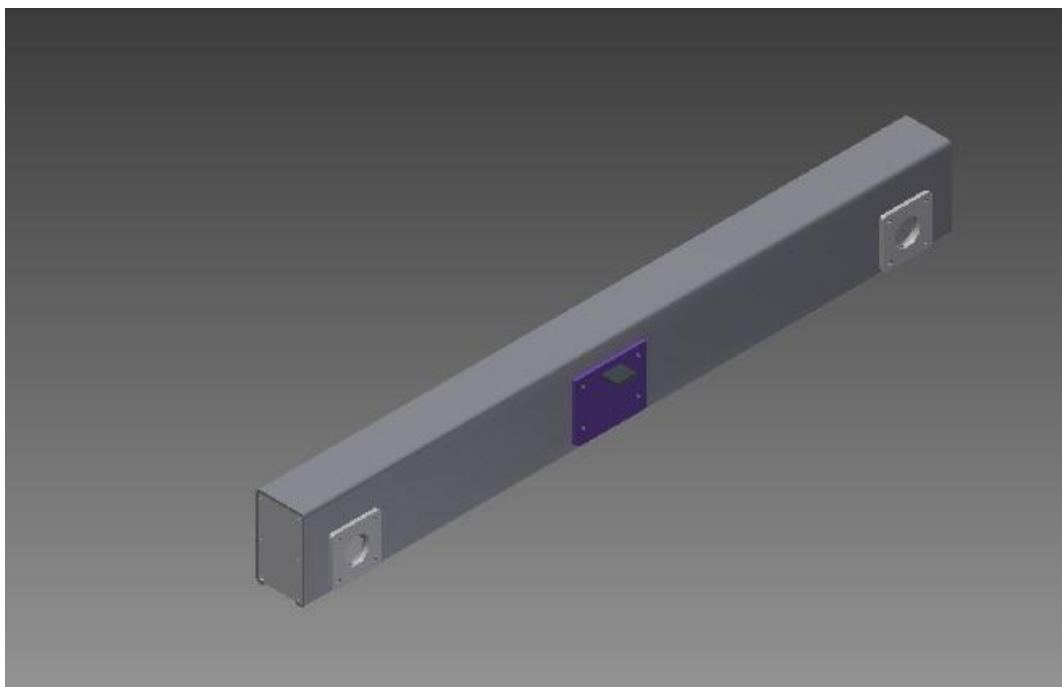


Kuvio 3. Sillan pääty

Siltpalkeiksi valittiin lujuuslaskelmien perusteella itse valmistettava 450 mm x 170 mm palkki, jossa on 12 mm laipat ja 6 mm uumat (**Kuvio 3.**). Aluksi vaihtoehtoina oli HEA- palkit ja jopa alumiinista valmistettava palkki. HEA- palkit osoittautuivat liian leveiksi vaunun, jolloin vaunua ei olisi voinut pudottaa sillan välistä. Lujuuslaskelmien perusteella alumiini ei sopinut. Itse valmistettava palkki kestää kahden uumansa avulla myös paremmin kiepahdusta.

Vaunun ajokiskoksi tuli 50 mm x 30 mm umpirauta. Ylemmän laipan sisäreunaan hitsataan 50 mm x 50 mm 5 moduulin hammastanko. Hammastangon kiinnityksen vaihtoehtona oli myös pulttaaminen. Pulttaaminen helpottaisi hammastangon mahdollista vaihtoa. Hitsaus aiheuttaa myös vetoa itse siltapalkkiin. Arvoitukseksi jää kuinka hammastanko muuttaa siltapalkin neutraaliakseli (palkin symmetrisyys häviää) ja miten palkki käyttäytyy maksimitaipumakohdassa. Hammastanko muuttaa neutraaliakselia jonkin verran. Maksimitaipumakohdassa palkki saattaa kiertyä hieman aksiaalisesti. Pääinsinöörin kanssa tulimme tulokseen että katsotaan mitä tapahtuu. Hammastanko asetettiin hampaat alaspäin, ettei siihen pääse kerääntymään likaa.

2.2.2 Päätypalkit

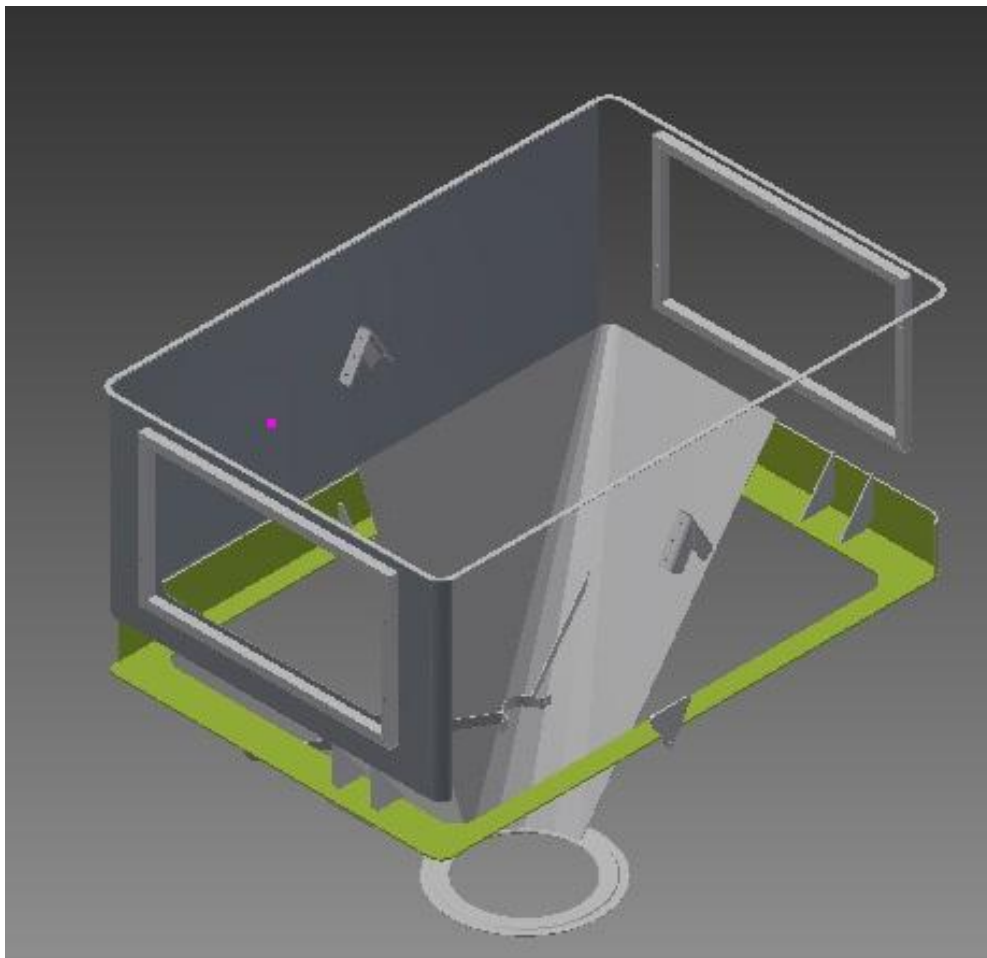


Kuvio 4. Päätypalkki

Sillan päihin valittiin seinämävahvuudeltaan 8 mm 250 mm x 150 mm RHS-putket (**Kuvio 4.**). Putkiin tulee reiät sillan pyörien akseleita varten ja 12 mm laput M16 -kierteellä laippalaakereita varten. Akselien vahvuus on 50 mm. Palkkiin

hitsataan sillanvetoyksikön kiinnike. Kiinnikkeen rakenne mahdollistaa vetoyksikön säätämisen juuri oikealle korkeudelle hammasrattaan ja -tangon suhteen. Palkin päihin tulee pulttikiinnitteiset laput tukevoittamaan rakennetta. Tarvittaessa päätylapun saa irti, ja pyörän voi vaihtaa. Päätypalkit käyvät muuttumattomina tehtaan kaikkiin vaakavaunuihin.

2.3 Säiliö



Kuvio 5. Säiliö

Säiliön tilavuus 6 kuutiota (**Kuvio 5.**). Siirrettävän materiaalin ominaispainolla kapasiteetiksi saadaan 3 tonnia. Säiliön korkeus on 2300 mm. Pitkä sivu on 2250 mm. Lyhyt sivu on 1500 mm.

Säiliökokonaisuus muodostuu seuraavista osista: säiliön lieriö- ja kartio-osat, säiliön vahvike (kuvassa vihreällä), anturivahvikkeet, sulun ohjuri, sorvattu laippa, kehys rätkikiinnikettä varten ja miesluukun RHS-putket.

Säiliön yleismateriaalina kartioon ja lieriöön käytettiin 4 mm levyä. Säiliön vahvikeen vahvuus on 8 mm. Laippa sorvataan 8 mm levystä. Anturivahvikkeet valmistetaan 10 mm levystä. Sulun ohjuri 4 mm x 40 mm lattaraudasta. Rätikiinnike 20 mm x 3 mm lattaraudasta. Miesluukun RHS-putket ovat kokoa 40 mm x 40mm.

Kartiokulma suunniteltiin tarpeeksi jyrkäksi, ettei kuljetettava materiaali kasaannu seinille. Reunoissa on 50 mm säteiset pyöristykset estämässä kasaantumista nurkkiin. Kasaantunut materiaali aiheuttaa huoltotarpeen.

Säiliön vahvike ja anturivahvikkeet lisättiin, koska säiliön kokopaino lepää 3-pisteessä. Vahvikkeet ehkäisevät vaunun muodonmuutoksia rasituksen alla. Säiliön vahvikkeeseen on helppo kiinnittää vaaka-anturit.

Rätikehys valmistetaan 3 mm lattaraudasta. 3 mm on optimaalinen paksuus kiinnitystä ajatellen. Rätin kiinnitys tapahtuu kumiprofiililla, joka painetaan kehystä vaste. Rätti jää kehyksen ja kumiprofiilin väliin.

Alalaipan ulkomitta on 660 mm, jossa on 470 mm reikä. Materiaalivahvuus on 8 mm. Reiän reunat on koneistettu. Näin säiliön sulkukartiosta saadaan mahdollisimman tiivis. Alalaipan ulkoreuna koneistetaan 3 milliin rätikiinnitystä varten.

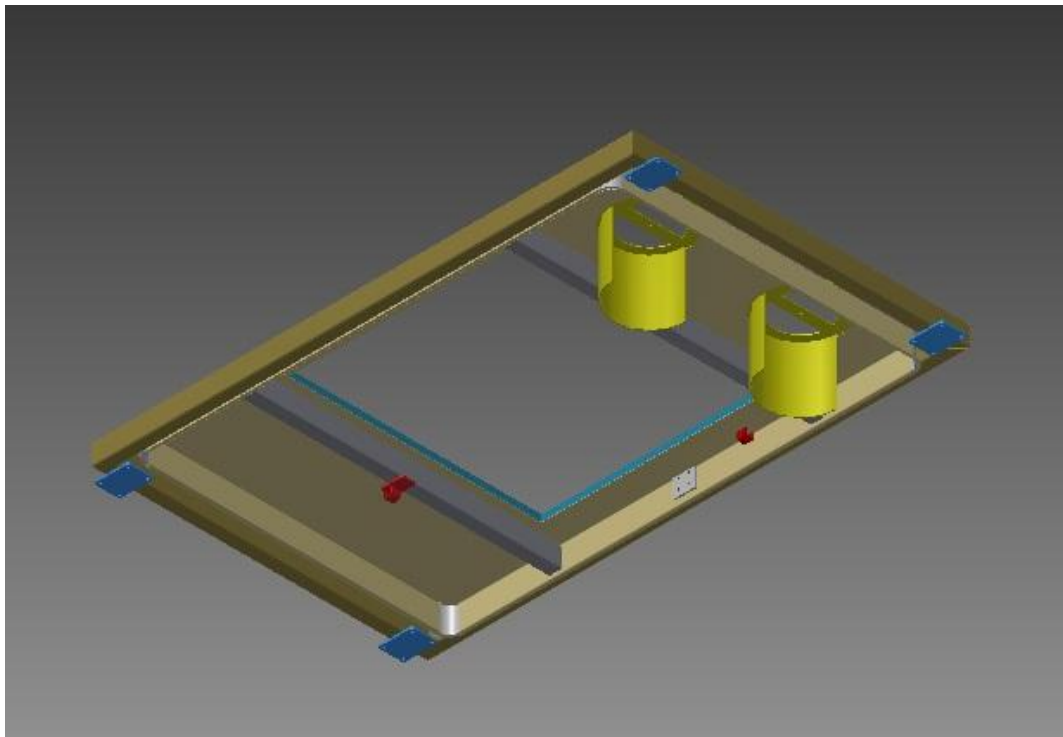
Säiliöstä valmistetaan myös 250 mm matalampi versio lieriö osaa lyhentämällä. Matalamman säiliön ulkomitat ovat samat. Matalan säiliön kapasiteetti on hieman pienempi. Asiasta jouduttiin tekemään kompromissi, koska ei ole mahdollista valmistaa suurempaa säiliötä.

2.4 Säiliön kansi

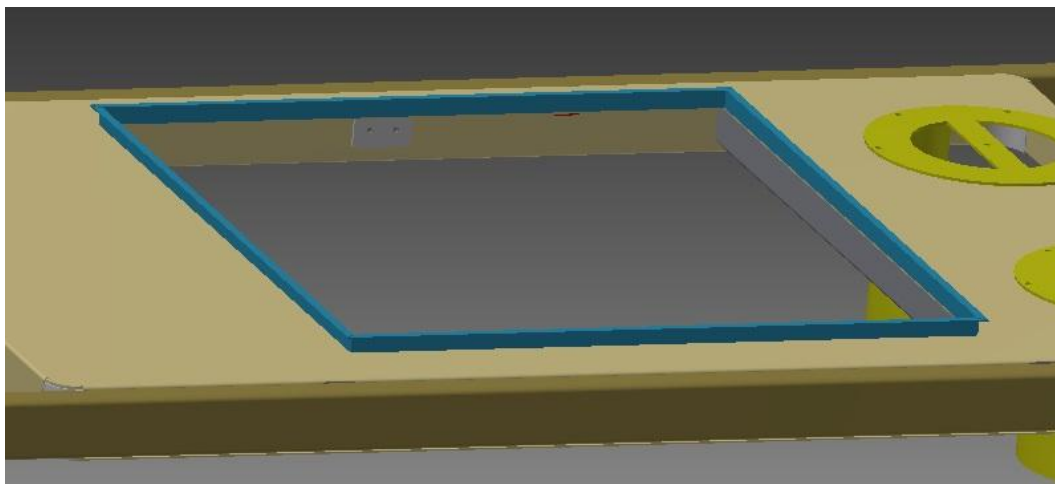
Säiliön kansikokoonpano mallinnettiin aluksi mallintamista varten. Kokoonpano sisältää pölysäleikön, kannen ja sisävaakan. Tämä kokoonpano purettiin myöhemmin valmistuksen kannalta käytännöllisimpiin osakokonaisuuksiin.

Uusiksi erillisiksi kokoonpanoiksi muodostui pölysäleikkö, kansi ja sisävaaka. Näistä kokoonpanoista on helppo tehdä valmistuskuvat.

2.4.1 Ensimmäinen versio



Kuvio 6. Kannen ensimmäinen versio



Kuvio 7. Tiivistekkehys

Kannen ensimmäinen versio sisältää kannen, kulmapalat, kannen vahvikkeen, pölytiivistekehysten, kaksi ilmansuodatin yksikköä, vahvikelaput (salattu) varten, kiinnityslaput runkoon ja kiinnikkeet sisävaakalle (**Kuvio 6.**).

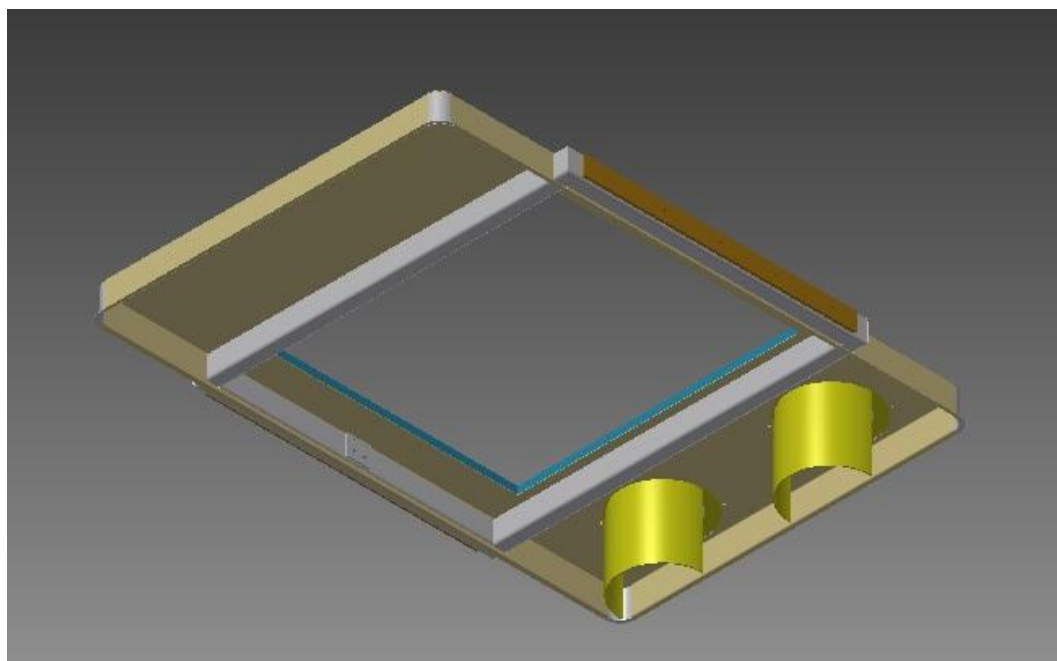
Kannen reunamitat ovat 60 mm pienemmän kuin säiliön. Tällä toivotaan parempaa kestävyyttä räätöilyyn. Kansi on valmistettu 3 mm levyä, jonka reunat on tehty kanttaamalla. Valmistetaan polttoleikkaamalla.

Kannenvahvike on valmistettu 100 mm x 60 mm RHS-putkesta. Seinämäpaksuus on 6 mm. Kannenvahvike hitsataan kiinni kanteen. Kannenvahvike kiertää kannen kokonaan ja vahvistaa myös reiän reunat. Vahvikkeen päissä on yhteensä 4 lapua, joilla kannen kokoonpano kiinnitetään runkoon pulttiliitoksella. Kanteen tuli pulttiliitos huoltotoimia varten. Hitsattu rakenne olisi tukevampi, mutta hankaloitaisi huomattavasti laitteen huoltoa. Vahvikkeessa on vahvikelaput, joissa on neljä M12 -reikää. Aukaisumekanismi kiinnitetään näihin.

Ilmansuodatusyksiköt valmistetaan 4 mm levyä. Yksikössä on suoja, joka estää säiliön pakattavan materiaalin suoran kosketuksen ilmansuodattimiin. Suodatin yksikön reiät on tehty epäsymmetrisesti, ettei yksikköä voi asentaa väärinpäin. Materiaalin suora kosketus suodattimiin tukkii suodattimet heti.

Kannessa on kulmaraudasta valmistettu tiivistekehys, jonka paksuus on 3 mm (**Kuvio 7.**). Rättitiivistys tulee kannen ja pölysäleikön väliin. Pölysäleikön ja kannen välys on 30 mm.

2.4.2 Toinen versio



Kuvio 8. Kannen toinen versio

Kannen toinen versio eroaa ensimmäisestä vain muuttuneen kannenvahvikkeen osalta (**Kuvio 8.**). Vaunun runkoon tehtyjen muutosten takia piti myös kannen rakennetta muuttaa. Uudempirakenne on kevyempi ja kompaktimpi. 100 mm x 60 mm RHS-putkesta valmistettu kehys. Seinämävahvuus on 6 mm. Kehyksen reunoilla on 12 mm levyt, joissa on M12-reiät. Kansikokoonpano kiinnitetään näistä uudempaan runkoon.

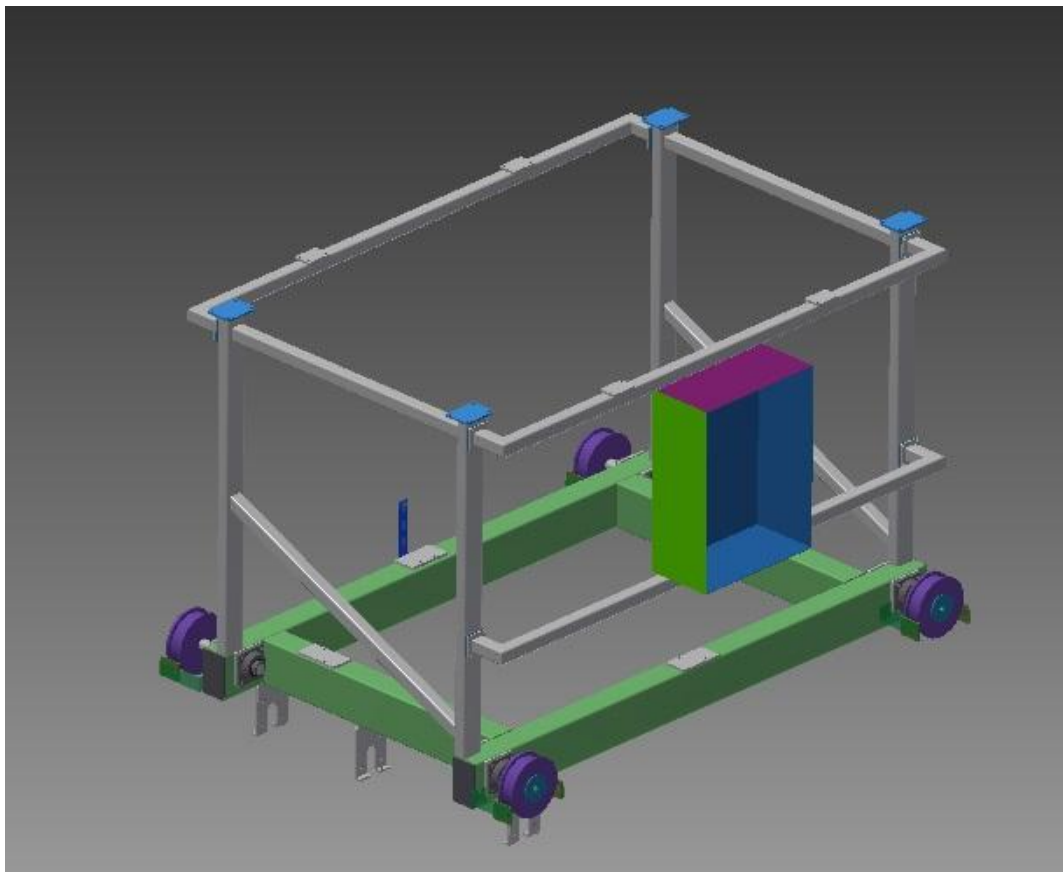
Kannen toisesta versiosta tulee myös toinen variaatio, jossa lastausaukko on kannen reunassa. Tehtaassa on siiloja, kahta kokoa, joista vaunu ottaa materiaalia. Pienemmät siilot sijaitsevat niin lähellä seinää, että lastausaukkoa on siirrettävä sivummalle.

2.5 Vaunun runko

Vaunun runko liikkuu sillan päällä ja kuljettaa vaakasäiliötä siltaa pitkin. Vaunussa on runkokehikko, johon kansi ja pölysäleikkö kiinnitetään. Vaunun runkoon kiinnittyy myös vetoyksikkö, sekä sähkökaappi johon sijoitetaan vaunua ohjaava logiikka.

Vaunun keskellä on kiinnike rajakytkimille. Rajakytkimet valvovat, ettei vaunu tipu sillan päistä. Rajakytkimillä tarkistetaan myös vaunun nollapiste.

2.5.1 Ensimmäinen versio



Kuvio 9. Vaunun ensimmäinen versio

Kuvassa on vaunun ensimmäinen kokoonpano (**Kuvio 9**). Kokoonpano sisältää vaununrungon hitsauskokoonpanon ja pultattavat kehikkoputket, akselikokoonpa-

not ja ajokiskon pyyhkijät. Vaunurunko suunniteltiin aluksi 150 mm x 200 mm RHS- putkesta, mutta jossain vaiheessa huomattiin, että vaunusta tulee liian leveä. Putket pienennettiin 120 mm x 200mm RHS-putkiin. Näin saatiin laskettua säiliötä hieman alemmas. Kehikkoputket on 60 mm x 60 mm RHS-putkesta.

Runkoon on hitsattu 10 mm laput, joihin vaaka-anturit kiinnitetään. Laput ovat paikoitettu siten, että paino jakaantuu mahdollisimman tasan kaikkien kolmen anturin kesken. Anturit sisältävät niveltuet. Yksi lappu on sijoitettu niveltukea varten sivulle, jolle ei tule anturia.

Pitkän sivun vaakaputkissa on kiinnityslaput sylintereille. Sylinterin nostavat pölysäleikön sälesyötintä vasten.

Akselit kiinnitetään laippalaakereilla. Renkaan päässä on lappu, joka estää renkaan liukumisen ulospäin. Sisäliikettä estää lukkorengas.

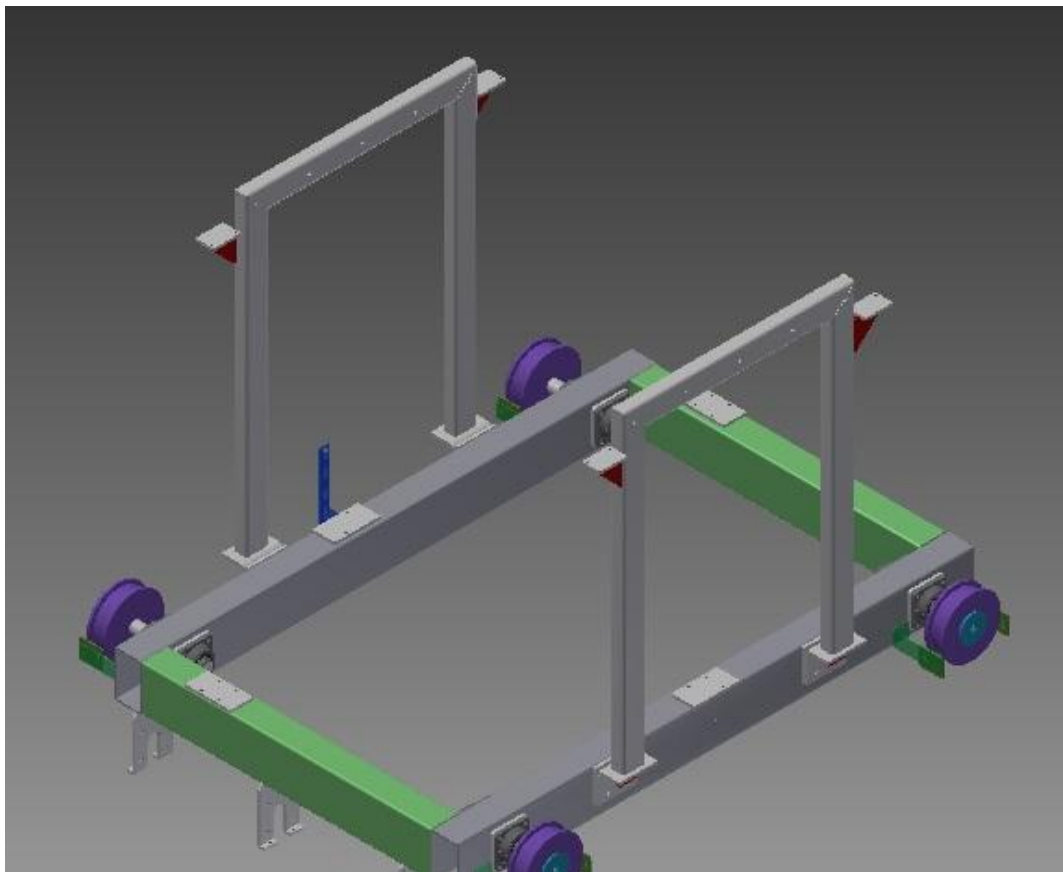


Kuvio 10. Rungon hitsauskokoonpano

Rungon hitsauskoonpanon osat: pystyputket 100 mm x 60 mm RHS-putkea, vaakatuet 40 mm x 40 mm RHS-putkea (**Kuvio 10.**). Rungossa on 10 mm jenkalaput painoantureita varten. Ja yksi tukinivelen kiinnityslappu. Pystypalkeissa jenkalaput vaakatukien/sähkökaapin kiinnitystä varten. Tolppien päissä on laput kannen kiinnittämistä varten.

Rungon alapuolella on kiinnikkeet vaunun vetoyksikölle. Kiinnikkeet on valmistettu 12 mm levystä polttoleikkaamalla. Kiinnikkeissä on säätömahdollisuus, jotta hammastanko ja hammasratas saadaan toisensa suhteen oikeille paikoille.

2.5.2 Toinen versio

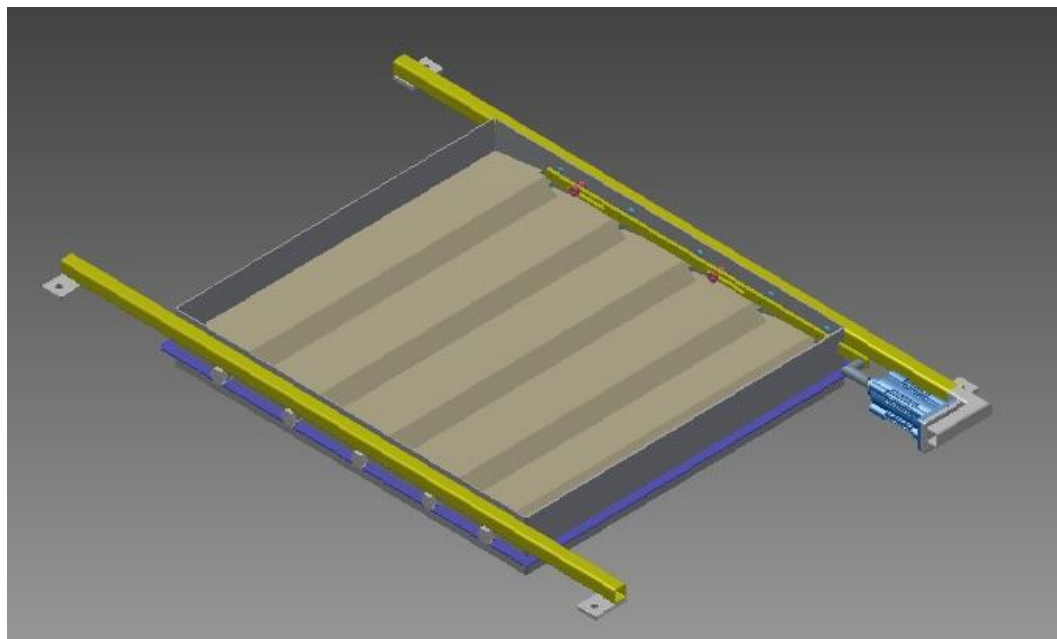


Kuvio 11. Rungon toinen versio

Koska tehtaan kuvat päivittyivät jatkuvasti huomattiin, että ensimmäinen vaunu-versio on liian pitkä. Vaunua päätettiin lyhentää. Runkokehikkoa muokattiin. Renkaat siirrettiin rungon palkin toiselle puolelle. Rungon ulkomitat ovat samat kuin säiliön.

Vanhasta vaunun päistä lähtevästä kehikkorakenteesta luovuttiin. Vaunun sivulle lisättiin laput, joihin uusi kehikko saadaan pultattua. Uudesta rungosta saatiin kevyempi ja kompaktimpi (**Kuvio 11.**). Kannen kiinnitys on kymmenellä M12 - pultilla. Kuvasta puuttuu 120 mm x 200 mm RHS-putken päihin tulevat peitelaput, jotka vahvistavat putkenpäätä.

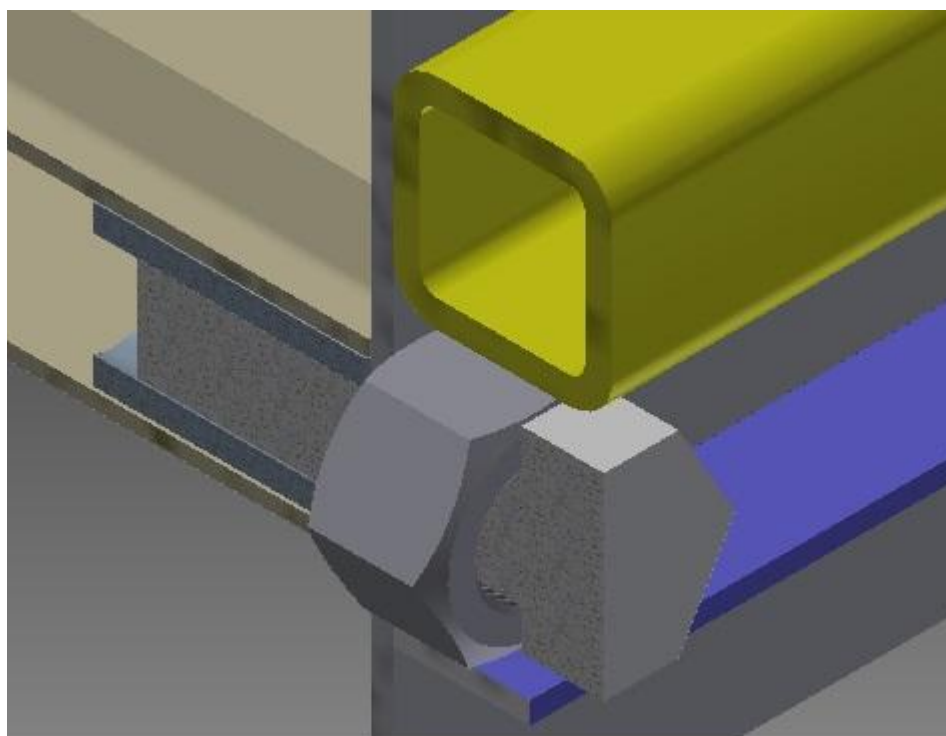
2.6 Pöllysäleikkö



Kuvio 12. Pöllysäleikkö

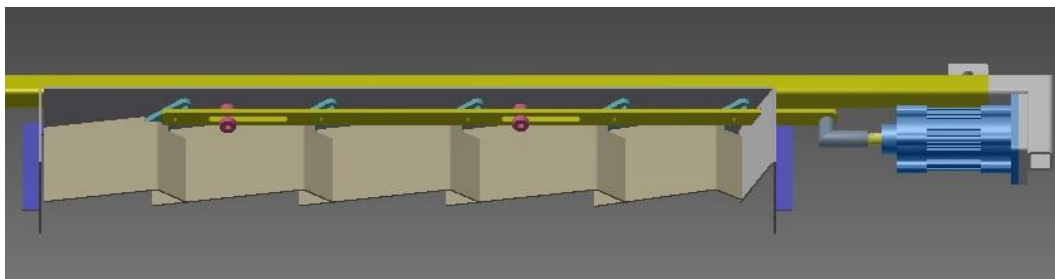
Säleikkö nousee sylinterien voimasta sälesyötintä vasten estäen pölyn leviämisen (**Kuvio 12.**). Paineilmasyylinterien iskun pituus on 50 mm. Lastatessa säleikön säleet aukenevat kuvassa näkyvän sylinterin toimesta. Kun vaunu on lastattu, säleikkö sulkeutuu pitäen pölyt sisällä.

Pölysäleikön kokoonpano koostuu runkoputkista ja itse säleiköstä. Runkoputket ovat 40 mm x 40 mm RHS- putkea. Seinämävahvuus on 5 mm. Rungon päissä on laput, joihin kiinnittyvät sylinterit.



Kuvio 13. Sälekiinnitys

Säleikön kaulus on 4 mm levyä. Säle kiinnittyy kaulukseen pultilla (**Kuvio 13.**). Kaulukseen on hitsattu M24-mutterit. Mutterin läpi menee pultti, joka on päästä sorvattu. Sorvattu pää menee holkkiin. Holkki on hitsattu säleikön säleeseen. Tiivistelevy, rätkikiinnitystä varten, 3 mm lattarautaa, kuvassa sinisellä. Säleet ovat 3mm levyistä. Säleiden paikat haettiin sälesyöttimestä, siten että säleet eivät ole suorassa materiaalivirrassa vaan suvantokohdissa.



Kuvio 14. Pöllysäleikön mekanismi

Säleikön mekanismi (**Kuvio 14.**). M24-pultin sorvattu pää toimii akselina. Säleisiin on hitsattu holkki, jossa on kanki. Sylinteri liikuttaa vetotankoa, jolloin säleet liikkuvat. Mekanismi on suunniteltu 50 mm iskun paineilmasylinterille. Suunnittelussa luotiin malli Inventorilla, jolla nähtiin konkreettisesti miten mekanismi liikkui. Tämä helpotti säleiden mitoittamista ja mekanismin suunnittelemista. Koska säleisiin ei tule ylimääräistä kuormaa materiaalista, kiinnitettiin akseli säleen toiseen reunaan. Tällä saatiin kokonaisuus matalaksi, eivätkä säleet osu sälesyöttömeen.

Myöhemmässä tarkastelussa todettiin, että 50 mm isku ei riitä liikuttamaan säleitä tarpeeksi. Paineilmasylinteri muutettiin 80 mm iskuseksi ja mekanismi mitoitettiin uudestaan tarvittavilta osin.

2.7 Sisävaaka

Sisävaakaa tarvitaan kun punnitaan 2-150 kg annoksia.

- Salattu toimeksiantajan pyynnöstä. -

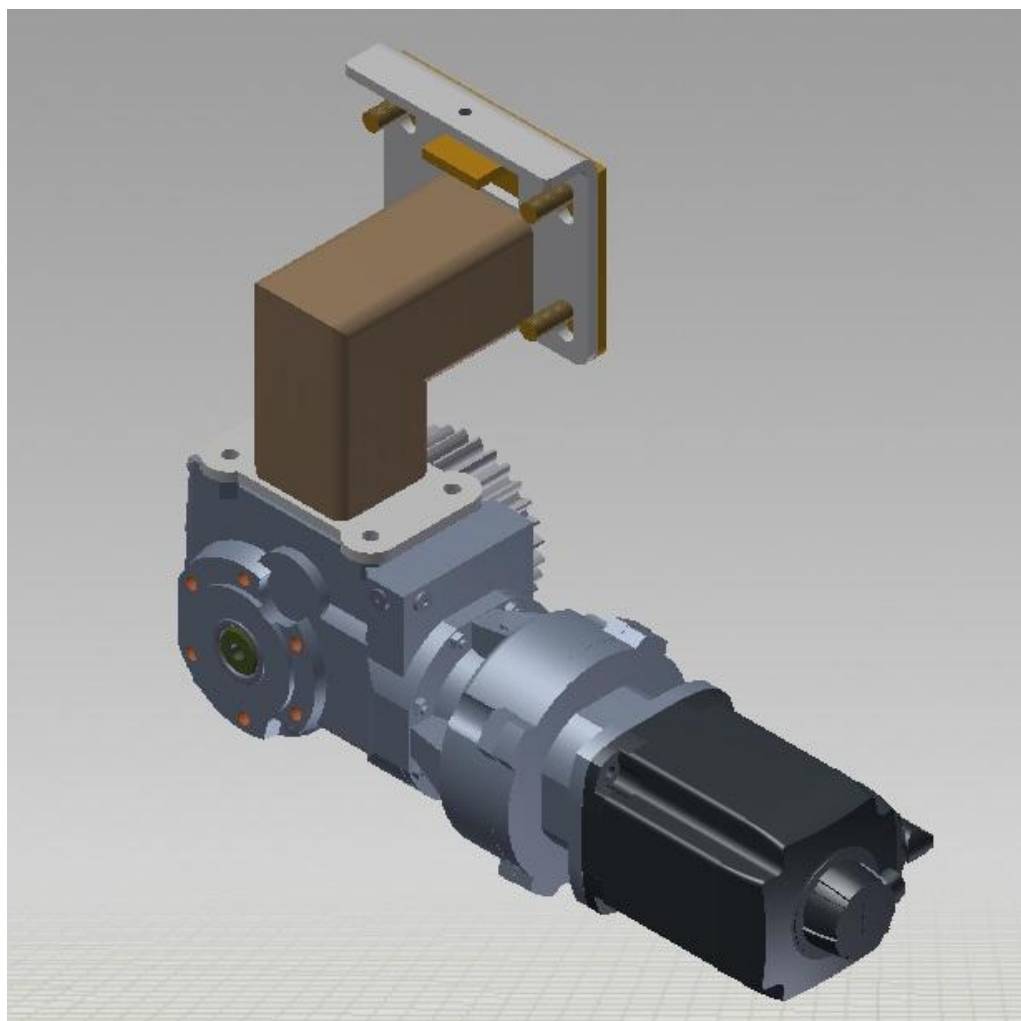
Vaaka on kiinnitetty vaunun kanteen kolmesta pisteestä siten, että paino jakautuu mahdollisimman tasaisesti kaikille antureille. Kaikki anturit on sijoitettu yhtä etäälle massakeskipisteestä. Tämä antaa tarkan mittaustuloksen.

2.8 Sillan ja vaunun veto

Molemmissa vetomekanismeina on hammastanko ja hammaspyörä. Hammastangon ja pyörän leveys on 50 mm. Hammaspyörän ulkohalkaisija on 150 mm ja moduulina 5. Moottorina toimii 2.7 kW servomoottori.

Siltaan tulee vetoyksikkö molempiin päihin. Vaunun vetoyksikkö toteutetaan akselilla, jonka molempiin päihin tulee hammasratas. Aluksi hammasratas oli mitoitettu 30 mm leveäksi, mutta muutettiin myöhemmin 50 mm leveäksi.

2.8.1 Sillan veto

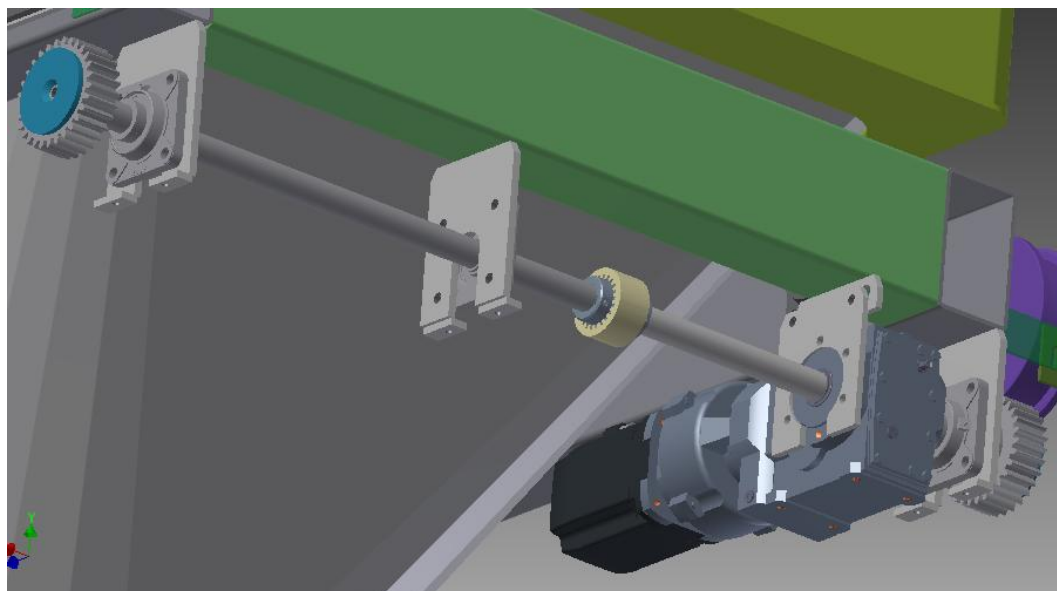


Kuvio 15. Sillan veto

Sillan vedossa on 100 mm x 100 mm RHS-putki (**Kuvio 15.**). Seinämävahvuus on 6 mm. Moottori kiinnitetään polttoleikattuun lappuun, jossa on reiät moottorin mukaan mitoitetuna. Siltapalkkiin tulevassa kiinnityksessä on säätö. Tällä saadaan hammasratas oikealle korkeudelle hammastangon suhteen.

Sillan molempiin päihin laitettiin omat vetoyksiköt, koska toteutus olisi ollut mahdotonta yhdellä akselilla. Pitkän akselin kiertymä olisi aiheuttanut ongelmia. Myös moottorin sijoitus olisi ollut ongelma.

2.8.2 Vaunun veto

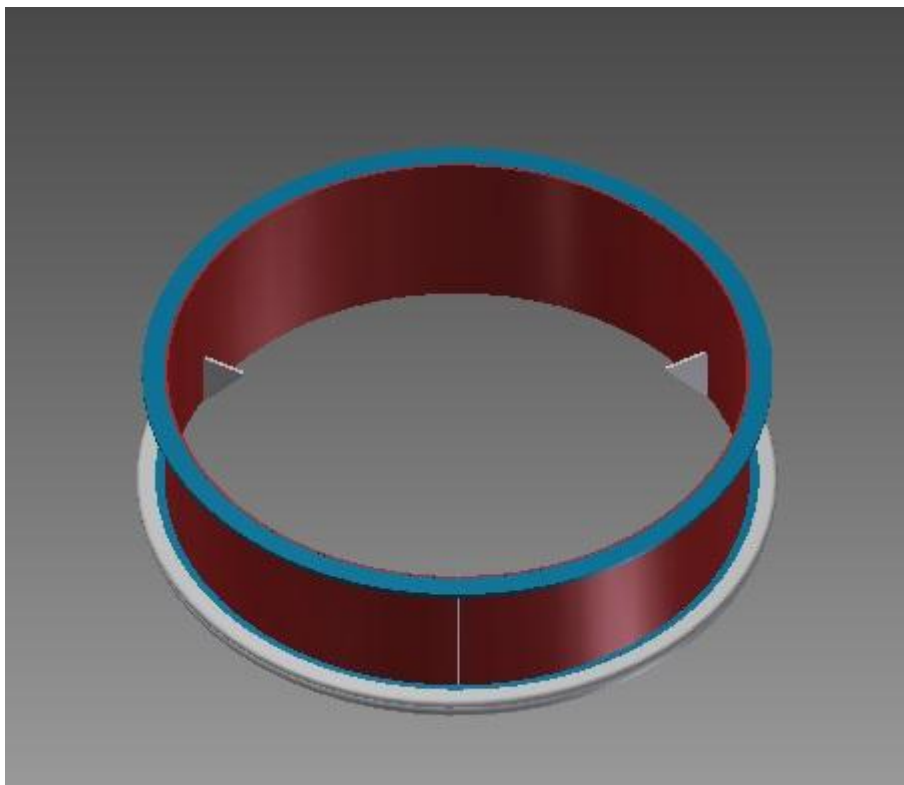


Kuvio 16. Vaunun veto

Vaunun vedossa on 40 mm akseli, joka valmistettu kahdesta osasta huoltamista varten (**Kuvio 16.**). Akselissa on kiilaura, jolla voima välitetään moottorilta akselille ja eteenpäin hammasrattaalle. Laippalaakerien kiinnikkeet on valmistettu 12 mm levyistä polttamalla. Kiinnityksissä on mahdollisimman tarkka mitoitus, että hammasratas saadaan tarkasti paikalleen, mutta lisänä on vielä muutaman millin säätö akseliston korkeutta varten.

Hammasrattaan liikkuminen akselin ulkosuuntaan on estetty pultatulla lapulla. Sisäsuuntaan liikkeen estää lukkorengas. Akselin liikettä estää laippalaakereissa oleva lukitus.

2.9 Tiivisterengas

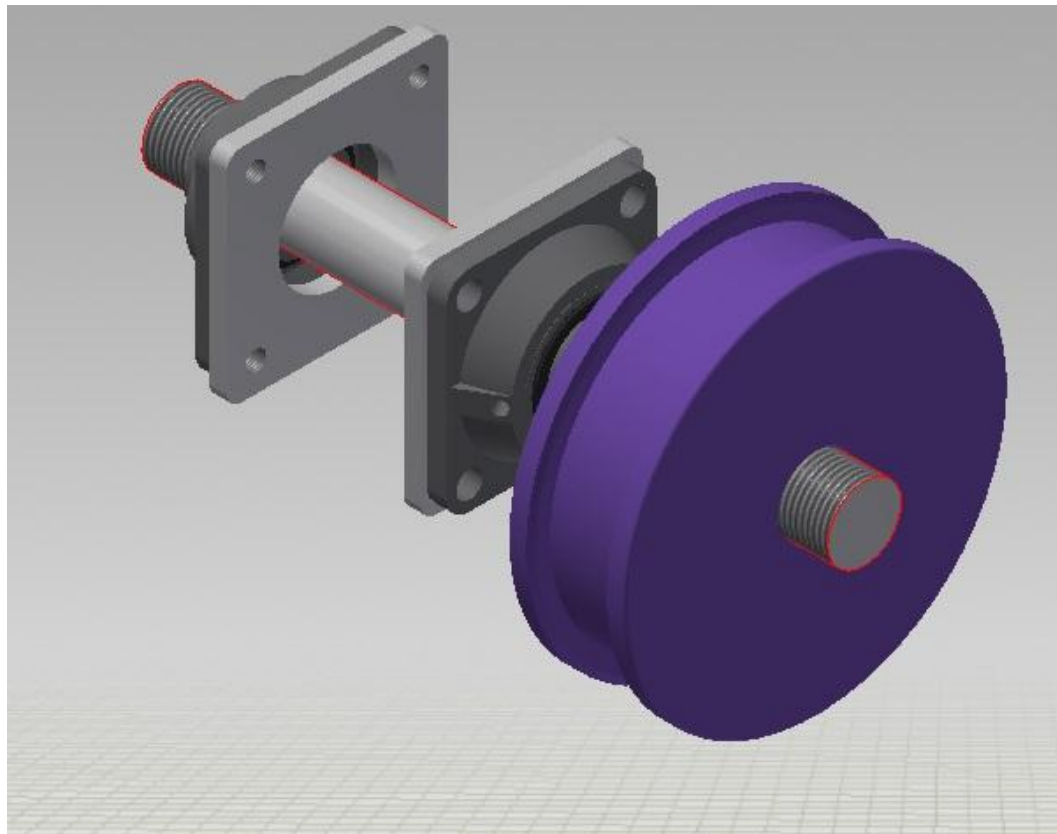


Kuvio 17. Tiivisterengas

Tiivisterengas ohjaa materiaali virtaa siiloon (**Kuvio 17.**). Tiivisterengas on mitoitettu siilon täyttöaukon mukaan. Tämä estää materiaalivuotoja. Tiivisterenkaan ja säiliön välissä on räntiliitos estäen pölyn leviämisen.

Tiivisterengas liikkuu alemman kartion mukana ohjaten materiaalia siiloon. Tiivisterengas valmistetaan 4 mm levystä. Tiivisterenkaan pohjassa on kumitiiviste tiivistämässä renkaan siiloa vasten. Renkaan sisäreunalla on kolmiopalat jotka nostavat renkaan kartion mukana..

2.10 Pyörät ja akselit

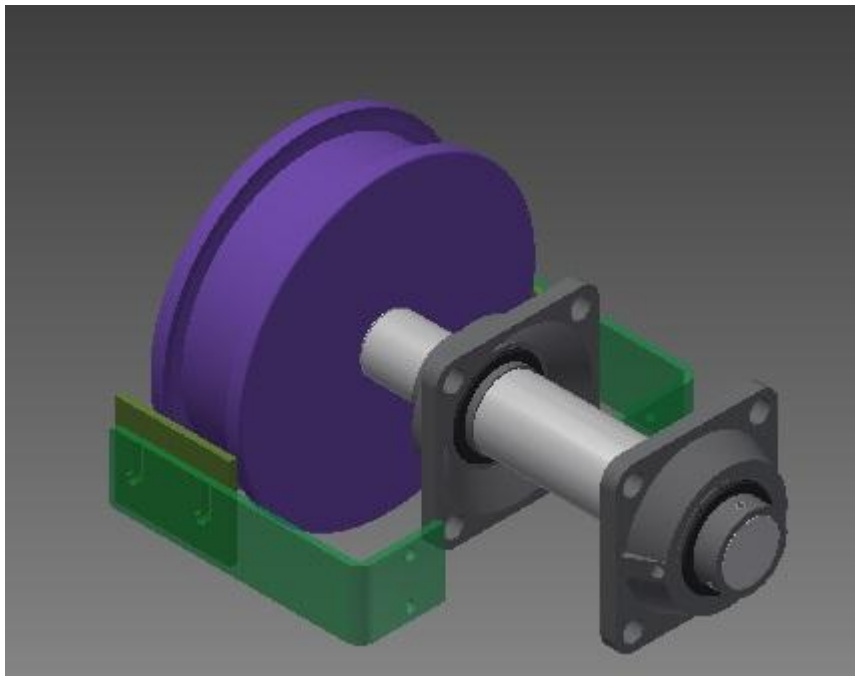


Kuvio 18. Pyörän ensimmäinen versio

Ensimmäinen versio pyöräkokoonpanosta (**Kuvio 18.**). Renkaan halkaisija on 230 mm, leveys 80 mm ja uraleveys 52 mm. Kuvassa näkyvät vahvikelaput, joihin laippalaakerit kiinnitetään. Akselin molempiin päihin tulee mutteri, jolla kokoonpano kiristetään paikoilleen.

Tästä versiosta luovuttiin, koska akseli on hankala valmistaa. Isoa mutteria ei löydy helposti. Mutterin lukitus toisi lisähaasteita.

2.10.1 Vaunun pyörät



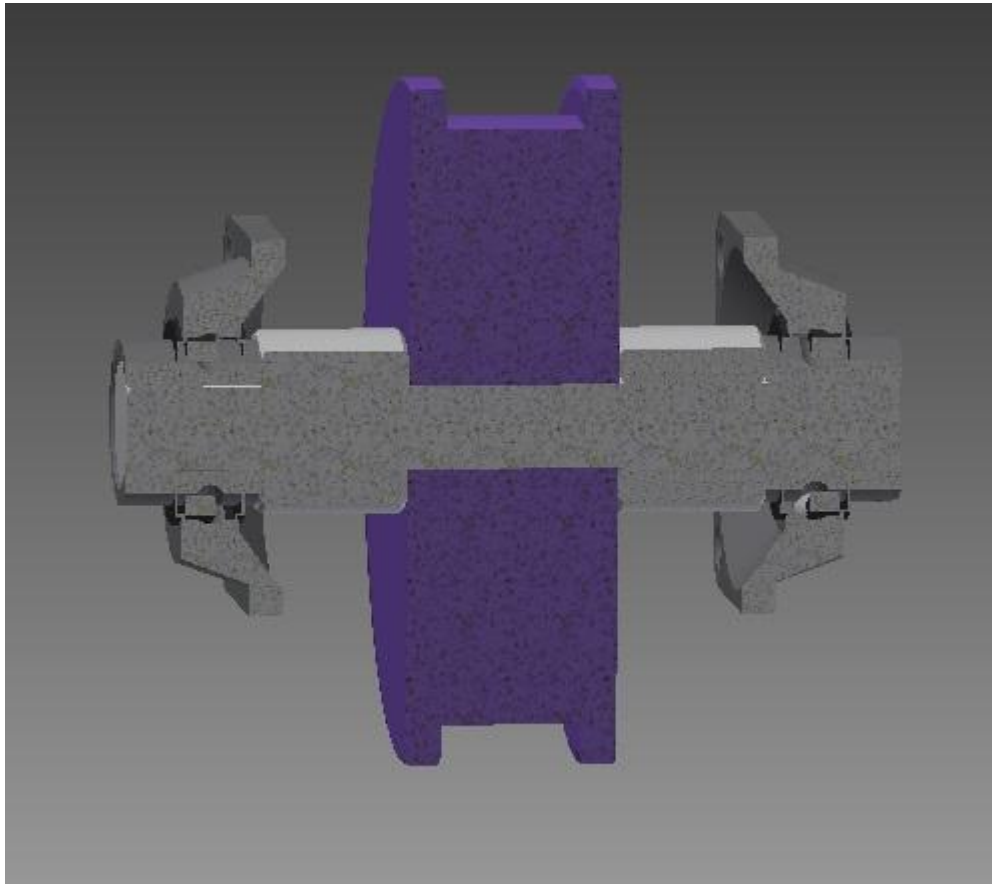
Kuvio 19. Vaunun pyörä

Vaunun pyörä (**Kuvio 19.**). Akselin halkaisija on 50 mm. Olakkeen halkaisija on 70 mm. Akseliin tehtiin keskelle olake, jota vasten laippalaakerit kiristyvät pitäen pyörän paikoillaan. Akselissa on ura lukkorengas. Lukkorengas estää renkaan liikkumisen. Akselin päässä M16 -reikä, johon kiinnitetään lappu renkaan toiselle puolelle estäen liikkeen toiseen suuntaan.

Toiseen vaunun akseleihin tulee muutoksia. Koska pienet siilot ovat todella lähellä seinää pitää vaunun akseleita muuttaa siten, että toisen reunan akseleita lyhennetään 50 mm ja toisen pidennetään 50 mm. Tämä siirtää vaunu 50 mm lähemmäs seinää. Tällä toimenpiteellä vaunun pitäisi päästä tarpeeksi lähelle, että se voi ottaa materiaalia seinän vieressä olevista siiloista.

Pyörissä ajokiskon puhdistajat. Puhdistajat putsaavat ajokiskoa, ettei siihen kerry likaa. Liika lika saattaa aiheuttaa vaunun putoamisen sillalta. Puhdistajat on valmistettu 3 mm latasta, johon on kiinnitetty muovinen liippari.

2.10.2 Sillan pyörät



Kuvio 20. Sillan pyörä

Sillassa pyörät sijoitettiin palkin sisälle (**Kuvio 20.**). Rakenne poikkeaa hieman vaunun rakenteesta, vaikka periaate akselin paikallaan pysymiselle onkin sama. Akselissa olake ja lisäksi holkki, joka tiivistää pyörän paikalleen laippa laakereita vasten.

Akselin halkaisija on 50 mm. Olakkeen halkaisija on 70 mm. Holkin ulkohalkaisija on 70 mm. Holkin reikä on 50 mm.

3 YHTEENVETO

Työn tuloksena saatiin 3D-mallit kaikista vaakavaunun osakokonpanoista. Kaikki suunnitellut osakokonaisuudet on mitoitettu onnistuneesti. 3D-malleista voidaan tehdä osa- ja valmistuskuvat. Suurin takapakki tuli, kun huomattiin ensimmäisen vaunu version oleva liian pitkä mahtuakseen tehtaaseen. Tämä ratkaistiin siirtämällä vaunun pyörät lähemmäs toisiaan ja muuttamalla tukikehikkoa pienemmäksi.

Mallintamisen kannalta haastavinta oli mallintaa pöllysäleikkö ja sisävaaka. Molemmat sisältävät liikkuvia osia, joten oli tehtävä liikkuva 3D-malli. Tämän mallin avulla oli helpompi mitoitaa kokoonpanojen osat oikean mittaiseksi.

Realistisuuden kanssa oli jotain ongelmia. Kaikki suunnitellut osat eivät olleet valmistettavissa, vaikka 3D- malli olikin oikeanlainen. Esim. säiliö mallinnettiin aluksi yhdeksi osaksi. Myöhemmin tämä osa pilkottiin pienempiin osiin että työ-
kuvat saadaan tehtyä. Säiliön väärin mallinnuksen jälkeen huomasi myös muissa malleissa joitain pieniä ongelmia, mutta nämä eivät aiheuttaneet suuria toimenpiteitä.

Työ antoi hyvän kuvan millainen on hyvä insinööri. Hyvä insinööri ei nojaa ainoastaan mallinnusohjelman mahdollisuuksiin, vaan osaa ajatella myös käytännöllisesti, mikä on mahdollista valmistaa ja mikä ei.